

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 771**

51 Int. Cl.:

**A61B 5/00** (2006.01)

**A61N 1/37** (2006.01)

**A61N 1/372** (2006.01)

**G01R 31/36** (2006.01)

**G01R 19/165** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2008 E 08862050 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.01.2015 EP 2219730**

54 Título: **Detección de agotamiento de batería en un dispositivo implantable**

30 Prioridad:

**13.12.2007 US 7636 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**28.04.2015**

73 Titular/es:

**CARDIAC PACEMAKERS, INC. (100.0%)  
4100 HAMLIN AVENUE NORTH  
ST. PAUL, MN 55112-5798, US**

72 Inventor/es:

**GANDHI, RAJESH K.;  
LINDER, WILLIAM J.;  
VANDERLINDE, SCOTT;  
KALGREN, JAMES y  
PROPP, HAL M.**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 534 771 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Detección de agotamiento de batería en un dispositivo implantable

### 5 **Campo técnico**

Esta divulgación se refiere en general a dispositivos implantables y, más en particular, a sistemas y métodos para la detección de un agotamiento anómalo de batería en un dispositivo implantable.

### 10 **Antecedentes**

Los dispositivos médicos implantables incluyen, entre otras cosas, dispositivos de control del ritmo cardíaco (CRM) tales como marcapasos, cardioversores, desfibriladores, dispositivos de terapia de resincronización cardíaca (CRT), así como dispositivos combinados que proporcionan a una persona más de una de estas modalidades de terapia. Tales dispositivos implantables son alimentados normalmente por una batería. Cuando se ha agotado la vida útil de la batería, el dispositivo implantado es normalmente extirpado y sustituido antes de que se interrumpa la terapia. Por lo tanto, con frecuencia resulta útil conocer la capacidad de batería que se ha utilizado y/o la capacidad de batería restante. El documento US 2004/0199146 da a conocer un sistema y un método según el preámbulo de las reivindicaciones independientes.

### 20 **Sumario**

Los presentes inventores han reconocido, entre otras cosas, que durante el funcionamiento de un dispositivo, fallos de agotamiento por alta corriente pueden provocar que la tensión de la batería disminuya. Los presentes inventores han reconocido que se necesitan sistemas y métodos mejorados para la gestión de baterías y la detección de un agotamiento anómalo de baterías en dispositivos médicos implantables. Los problemas mencionados anteriormente, así como otros problemas no mencionados expresamente en el presente documento, son abordados por el presente contenido y se entenderán leyendo y analizado esta memoria descriptiva.

En el presente documento se da a conocer, entre otras cosas, un método para la detección de un agotamiento anómalo de batería en un dispositivo médico implantable. En un ejemplo, la capacidad de batería consumida puede medirse usando un culombiómetro y usando un dispositivo de capacidad por tensión, y estos dos tipos diferentes de mediciones se combinan para determinar el estado de la batería. Una caída de tensión de la batería por debajo de un umbral especificado puede detectarse para identificar un fallo de agotamiento por alta corriente, y una alarma puede proporcionarse para indicar que se ha detectado el fallo, en un ejemplo. El umbral especificado puede determinarse en función de la capacidad de batería consumida.

Otro aspecto de esta divulgación se refiere a un sistema para la detección de un agotamiento anómalo en un dispositivo implantable. Un ejemplo del sistema incluye un culombiómetro configurado para medir la capacidad de la batería y un dispositivo de capacidad por tensión configurado para usar una tensión de batería detectada para medir la capacidad de la batería. Un controlador conectado al culombiómetro y al dispositivo de capacidad por tensión puede estar configurado para combinar las mediciones del culombiómetro y del dispositivo de capacidad por tensión, usando una media ponderada para determinar la capacidad de batería consumida. El controlador puede estar configurado para detectar una caída en la tensión de batería detectada por debajo de un umbral especificado para identificar un fallo de agotamiento por alta corriente y para proporcionar una alarma para indicar que se ha detectado el fallo. El umbral especificado puede determinarse en función de la capacidad de batería consumida calculada usando la media ponderada.

Este resumen es una visión general de algunas de las enseñanzas de la presente solicitud y no pretende ser un tratamiento exclusivo o exhaustivo del presente contenido. En la descripción detallada y en las reivindicaciones adjuntas se ofrecen detalles adicionales acerca del presente contenido. Otros aspectos resultarán evidentes a los expertos en la técnica tras leer y entender la siguiente descripción detallada y observar los dibujos que forman parte de la misma, cada uno de los cuales no debe tomarse en un sentido limitativo. El alcance de la presente invención está definido por las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes legales.

### 55 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 ilustra un diagrama de bloques de un sistema para la gestión dinámica de una batería, en un ejemplo.

La figura 2 ilustra un diagrama gráfico de una capacidad de batería combinada para un dispositivo médico implantable, en un ejemplo.

La figura 3 ilustra un diagrama de bloques de un sistema para mostrar la longevidad de una batería, en un ejemplo.

La figura 4 ilustra un diagrama de bloques de un sistema con un dispositivo médico implantable (IMD), en un ejemplo.

La figura 5 ilustra un diagrama de bloques de una unidad de programación, como la ilustrada en el sistema de la figura 4, u otro dispositivo externo para la comunicación con el (los) IMD, en un ejemplo.

5 La figura 6A ilustra un diagrama de flujo de un método para combinar la capacidad de batería medida para una batería en un dispositivo médico implantable, en un ejemplo.

La figura 6B ilustra un diagrama de flujo de un método para medir la capacidad consumida para una batería en un dispositivo médico implantable, en un ejemplo.

10 La figura 6C ilustra un diagrama de flujo de un método para mostrar la longevidad de batería para una batería en un dispositivo médico implantable, en un ejemplo.

15 La figura 6D ilustra un diagrama de flujo de un método para asignar capacidad de manera dinámica para una batería en un dispositivo médico implantable, en un ejemplo.

La figura 7 ilustra un diagrama gráfico de tensión medida durante la vida útil de una batería, en un ejemplo.

20 Las figuras 8A a 8E ilustran visualizaciones de pantalla para el sistema de la figura 3, usadas para mostrar la longevidad de una batería, en un ejemplo.

La figura 9 ilustra un diagrama gráfico de umbrales de alarma de tensión para la detección de un agotamiento anómalo de batería en un dispositivo médico implantable, en un ejemplo.

25 La figura 10 ilustra un diagrama de flujo de un método para la detección de un agotamiento anómalo de batería en un dispositivo implantable, en un ejemplo.

### Descripción detallada

30 Varios ejemplos del presente contenido se refieren a la gestión de baterías de dispositivos médicos implantables. Mostrar la capacidad restante de una batería en amperios-hora puede crear un malentendido en los usuarios, ya que los usuarios pueden creer que representa la cantidad de tiempo restante en lugar de la cantidad de carga restante.

35 En un ejemplo, el presente contenido incluye un sistema para medir la capacidad de batería consumida. En un ejemplo, este sistema incluye combinar múltiples tipos diferentes de mediciones de capacidad de batería. En un ejemplo, el sistema incluye una unidad de visualización y la longevidad de la batería puede mostrarse en unidades de tiempo restante de la vida útil de la batería. La presente divulgación puede usarse con diversas baterías de dispositivos implantables incluyendo, pero sin limitarse a: baterías de SVO (pentóxido de vanadio y plata), de MnO<sub>2</sub> (dióxido de manganeso y litio), de CFx (monofluoruro de carbono y litio) y baterías híbridas de SVO y CFx.

### 40 Ejemplos de sistema para la gestión dinámica de baterías

La figura 1 ilustra un diagrama de bloques de un sistema para la gestión dinámica de baterías, en un ejemplo. Un ejemplo del sistema 100 incluye dos o más dispositivos (102, 104) para medir la capacidad de batería para una  
45 batería de dispositivo médico implantable 108. El ejemplo incluye además un controlador 106 conectado a los dispositivos de medición. El controlador 106 puede estar configurado para combinar las mediciones de los dispositivos de medición (102, 104) usando, por ejemplo, una media ponderada para determinar la capacidad de batería consumida. En un ejemplo, al menos uno de los dispositivos de medición incluye un culombiómetro (o contador de coulombios), que puede medir o estimar la cantidad de carga que ha suministrado la batería. Al menos  
50 uno de los dispositivos de medición incluye un dispositivo de capacidad por tensión, en un ejemplo. Un dispositivo de capacidad por tensión puede detectar un nivel de tensión de terminal de batería, que puede usarse para calcular y proporcionar una capacidad de batería usando, por ejemplo, una tabla de consulta. En un ejemplo, al menos uno de los dispositivos de medición incluye un culombiómetro asistido por software. En un ejemplo, el culombiómetro asistido por software puede computar varios eventos de sistema (tal como una secuencia de descargas o estímulos),  
55 la duración y amplitud del evento, y puede multiplicar (por ejemplo, usando una tabla de consulta) el coste correspondiente (energía usada en amperios/hora). La acumulación de eventos, la duración y el coste darán como resultado la capacidad acumulada consumida, que puede expresarse en unidades de amperios/hora (Ah). En determinados ejemplos, al menos uno de los dispositivos de medición incluye un dispositivo de medición de tiempo de carga. Un dispositivo de medición de tiempo de carga puede ser particularmente útil cuando se usa en un sistema  
60 que incluye un desfibrilador ya que, en un sistema de desfibrilador, el tiempo de carga de condensador de salida de desfibrilación puede estar directamente relacionado con la impedancia interna de la batería. La caída de tensión desde un circuito abierto a un circuito cargado para una carga de condensador de desfibrilación de alta tensión (HV) dividida por la corriente cargada representa una medida de la impedancia interna de la batería ( $R = \Delta V / \Delta I$ ). Con una tabla de consulta o con otra técnica, la impedancia interna de la batería puede correlacionarse con la capacidad consumida, en un ejemplo. El sistema incluye además una unidad de visualización 110 en comunicación con el  
65 controlador 106, en un ejemplo. La unidad de visualización 110 puede estar configurada para proporcionar una

descripción de la longevidad de la batería, tal como en unidades de tiempo restante de la vida útil de la batería de dispositivo médico implantable, en un ejemplo.

5 En un ejemplo, el sistema de la figura 1 puede configurarse para gestionar dinámicamente un dispositivo implantado. En un enfoque contrastivo, una capacidad de explante estática puede asignarse en tiempo de diseño para un escenario de alta utilización (por ejemplo, el indicador de explante, o indicador de sustitución electivo (ERI) señala que queda el 5% de la capacidad de batería en un dispositivo). Esa capacidad de batería puede estar diseñada para ofrecer al menos 90 días de terapia intensiva antes de su finalización. En el presente sistema, usando asignación dinámica, el dispositivo mide de manera activa el consumo de potencia a largo plazo y, en consecuencia, asigna capacidad de batería más allá del indicador de explante. De esta manera, los dispositivos de baja utilización tendrán menos capacidad de reserva pero una mayor longevidad total. Los dispositivos de alta utilización tendrán una mayor capacidad de reserva posterior al indicador de explante y una menor longevidad total. Esta estrategia puede incrementar o maximizar la longevidad de un dispositivo implantable individual y puede reducir o minimizar el riesgo de una interrupción de la terapia antes de la sustitución del dispositivo implantable.

15 Cuando se usa un dispositivo de capacidad por tensión, una tabla de consulta puede indexarse por potencia y por tensión de terminal de batería para obtener la capacidad de batería consumida, en un ejemplo. El dispositivo de capacidad por tensión usa al menos un dispositivo de medición de tensión, en un ejemplo. En determinados ejemplos, la precisión del dispositivo de capacidad por tensión es mejor cerca de ERI, pero puede ser inservible antes de un agotamiento significativo de la batería (el 30% aproximadamente), ya que muchas baterías tienen perfiles de tensión de terminal de batería planos o incluso crecientes en los primeros momentos de la vida útil de la batería (véase la figura 7 descrita posteriormente).

25 Cuando se usa un culombiómetro, o contador de culombios, el dispositivo puede incluir uno de una pluralidad de dispositivos diferentes, por ejemplo para medir la tensión a través de una resistencia conocida y calcular una corriente de batería a partir de la misma. La corriente puede integrarse en el tiempo con un resultado de amperios/segundo, o culombios, una medida de carga. El culombiómetro puede medir la capacidad consumida continuamente o de manera recurrente, en un ejemplo. En un ejemplo, el culombiómetro puede calibrarse con una precisión de +/- el 10% o mejor. La precisión absoluta del culombiómetro puede ser más útil en los primeros momentos de la vida útil de la batería.

30 En un ejemplo, los dispositivos de medición de capacidad (102, 104) están ubicados dentro del dispositivo médico implantable (IMD). En un ejemplo, el controlador puede estar ubicado dentro del IMD. En este ejemplo, la medición y combinación de los datos medidos se completan en el IMD, y tanto los datos sin procesar como los combinados se notifican a un dispositivo externo que tiene una unidad de visualización 110. Un ejemplo del dispositivo externo se muestra en la figura 5. En un ejemplo, la descripción de la longevidad de batería proporcionada por la unidad de visualización incluye un indicador semicircular o similar. En otro ejemplo, la descripción de la longevidad de la batería incluye un gráfico de barras, un gráfico lineal u otro gráfico o similar.

35 La figura 2 ilustra un diagrama gráfico de una capacidad de batería combinada para un dispositivo médico implantable, en un ejemplo. En una primera parte 202 de la vida útil de la batería, la capacidad de batería consumida puede medirse usando un primer dispositivo de medición de capacidad (por ejemplo, un culombiómetro). Las mediciones del culombiómetro y las mediciones de la capacidad de batería consumida usando un segundo dispositivo de medición de capacidad (por ejemplo, un dispositivo de capacidad por tensión) se combinan (o se mezclan en capacidad) durante una segunda parte 204 de la vida útil de la batería. La capacidad de batería consumida puede medirse usando solamente el dispositivo de capacidad por tensión durante una tercera parte 206 de la vida útil de la batería, en un ejemplo.

40 La capacidad de batería consumida puede medirse de manera relativamente directa con el culombiómetro y de manera relativamente indirecta midiendo la tensión de la batería. En determinados ejemplos puede usarse una correlación entre la tensión medida y la capacidad consumida. La figura 7 ilustra un diagrama gráfico de la tensión de batería medida durante la vida útil de una batería, en un ejemplo. Como se muestra en este ejemplo, el método del culombiómetro puede ser más adecuado en la parte temprana 702 de la vida útil de la batería, donde la técnica de medición de tensión de batería proporciona menos resolución. El método de medición de tensión de batería puede ser más adecuado en la última parte 704 de la vida útil de la batería, en este ejemplo.

45 Como se muestra en la figura 2 antes descrita, las mediciones de capacidad de batería obtenidas con el culombiómetro y las mediciones de capacidad de batería obtenidas con el dispositivo de capacidad por tensión están "combinadas en capacidad" durante un periodo de tiempo. En determinados ejemplos, la combinación de capacidad usa una media ponderada de las salidas de dos o más dispositivos de medición de capacidad de batería para calcular la capacidad de batería. Combinar en capacidad las mediciones reduce en gran medida cambios bruscos en el comportamiento del indicador de longevidad. En el ejemplo de la figura 2, con aproximadamente el 51% de la capacidad consumida (medida por el culombiómetro), comienza la combinación de las mediciones. Una media ponderada puede calcularse para combinar las mediciones del culombiómetro y del dispositivo de capacidad por tensión, en un ejemplo. En un ejemplo, con el 51% de la capacidad consumida, la combinación incluye el 99% de la medición del culombiómetro y el 1% de la medición de capacidad por tensión; con el 62,5% de la capacidad

consumida, la combinación incluye el 50% de la medición del culombiómetro y el 50% de la medición de capacidad por tensión; y con el 74% de la capacidad consumida, la combinación incluye el 1% de la medición del culombiómetro y el 99% de la medición de capacidad por tensión, y entre estos puntos el porcentaje de cada medición usada puede interpolarse de manera lineal. Otras técnicas para mezclar o combinar en capacidad las mediciones del culombiómetro y de capacidad por tensión de la capacidad de la batería son posibles sin apartarse del alcance de esta divulgación. Además, más de dos fuentes de mediciones de capacidad de batería pueden combinarse de esta manera, tales como mediciones de capacidad con culombiómetro asistido por software y mediciones de capacidad por tiempo de carga.

En un ejemplo, el sistema calcula la fase de vida útil a partir de la capacidad total, en función de la capacidad medida consumida, la tasa media de consumo de potencia y un conjunto de constantes u otros parámetros. El culombiómetro puede usarse para medir la potencia, en un ejemplo. En un ejemplo, el culombiómetro mide la capacidad en unidades de amperios/segundo. La diferencia entre dos mediciones de culombiómetro en un periodo de tiempo puede dividirse por la duración del periodo de tiempo, y el resultado es la corriente media de la batería (en amperios). Multiplicando la corriente media de la batería por la tensión media (o más recientemente medida) de la batería se obtiene la potencia media de la batería. La potencia media de batería a largo plazo puede usarse para filtrar mediciones individuales de potencia de batería, tal como una media simple, una media variable u otra medida de tendencia central. En un ejemplo, las fases de vida útil de batería calculadas incluyen, pero sin limitarse a: BOL (inicio de la vida útil), OY (a un año del implante), Explante (90 días hasta EOL), ERI (indicador de sustitución electivo, normalmente idéntico a Explante), EOL (final de la vida útil) y BEX (batería agotada). En función de la capacidad total del modelo de batería ( $Q_{bex}$ ) y de la duración deseada de cada fase de vida útil, se calculan puntos de activación de indicador (usando la fórmula  $t = Q \times V / P$ ). Por ejemplo, si se desea un periodo de 90 días desde BOL hasta BEX, puede medirse  $V$  y  $P$  y puede calcularse  $Q$ . Restando ese valor a  $Q_{bex}$  se obtiene  $Q_{eol}$ . Asimismo, si se desea un periodo de 150 días desde ERI hasta EOL, puede calcularse  $Q_{eol}$  y  $Q_{eri}$ . La fase de vida útil puede activarse entonces comparando la capacidad combinada más reciente ( $Q_i$ ) con la capacidad de activación. Por ejemplo, si  $Q_i > Q_{eri}$ , entonces puede mostrarse un mensaje que indica ERI. Aunque este ejemplo usa un sistema basado en la capacidad, puede usarse la tensión y el tiempo de carga sin apartarse del alcance de esta divulgación. Para el control de fallos existen límites de tensión, potencia y tiempo de carga. En un ejemplo, medir la capacidad de batería consumida incluye medir la capacidad de batería en unidades de amperios/hora (Ah). En un ejemplo, la capacidad de un dispositivo de capacidad por tensión ( $Q_{tensión}$ ) y la capacidad de un culombiómetro ( $Q_{culombiómetro}$ ) se combinan en capacidad usando la siguiente técnica:

$$Q_i = \frac{Q_{i-1} - \frac{Q_{BEX}}{2}}{75\% \times Q_{BEX} - \frac{Q_{BEX}}{2}} \times Q_{Tensión} + \left( 1 - \frac{Q_{i-1} - \frac{Q_{BEX}}{2}}{75\% \times Q_{BEX} - \frac{Q_{BEX}}{2}} \right) \times Q_{Culombiómetro}$$

Otras técnicas para mezclar o combinar en capacidad las mediciones del culombiómetro y de capacidad por tensión de la capacidad de batería son posibles sin apartarse del alcance de esta divulgación.

En un ejemplo, el dispositivo médico implantable (IMD) mide la capacidad consumida, la potencia y tensión medias, y calcula puntos de activación para BEX, EOL, ERI y OY. El IMD compara la capacidad consumida con puntos de activación de capacidad para determinar la fase de vida útil, en un ejemplo. En un ejemplo, tres de tres cálculos consecutivos en un punto de activación generarán un cambio de estado de fase de vida útil, que puede ir acompañado por un indicador o una alerta. En este ejemplo se usan tres cálculos para filtrar el ruido. Pueden usarse más o menos cálculos para generar un cambio de estado de fase de vida útil, tales como basados en la magnitud del ruido y en la capacidad de filtrar el ruido previamente. En un ejemplo, el IMD notifica determinados valores a un dispositivo externo que tiene una unidad de visualización (tal como la unidad de programación ilustrada en la figura 5). Ejemplos de valores notificados incluyen  $Q_i$ ,  $Q_{eri}$ ,  $P$  y  $V$ . La unidad de programación puede calcular después el tiempo hasta ERI (o el tiempo hasta el implante) y puede estimar además la longevidad de la batería del IMD basándose en cambios de usuario en los ajustes de programación, tales como el modo de estímulo, el ancho y la amplitud de impulso de estímulo, en un ejemplo. En un ejemplo, el tiempo hasta el implante puede calcularse con una asignación adicional de potencia consumida en operaciones subsiguientes de restauración de condensador de desfibrilación. Restaurar un condensador quiere decir recargar el condensador para evitar corrientes de fuga. El tiempo hasta el implante puede recalcularse si el IMD se reprograma (amplitud, ancho de impulso, etc.), en un ejemplo.

En un ejemplo, un culombiómetro basado en hardware puede usarse para supervisar el consumo de potencia durante un intervalo de tiempo especificado. En función de estas mediciones, puede proporcionarse una o más alarmas de potencia. Antes del implante, si el IMD supera un límite de consumo de potencia (75  $\mu$ W en una semana, por ejemplo) en tres mediciones seguidas, puede declararse una condición de fallo de batería y el médico puede recibir instrucciones de no implantar el dispositivo, en un ejemplo. En un ejemplo, si el dispositivo supera uno o más límites de potencia fijados, tales como durante 20 segundos o 1 día en pruebas anteriores al implante, por ejemplo,

puede fijarse una alarma. Después del implante, si el dispositivo supera una potencia esperada, tal como durante 20 segundos, 1 día o 1 semana, puede fijarse una alarma en un ejemplo. Las alarmas son registradas por el dispositivo pero no se muestran, en un ejemplo.

5 Un ejemplo del sistema incluye un culombiómetro configurado para medir la capacidad de batería consumida en un dispositivo implantable. El ejemplo de sistema incluye además un dispositivo de capacidad por tensión configurado para medir la capacidad de batería consumida en el dispositivo. El ejemplo de sistema incluye además medios para combinar las mediciones del culombiómetro y del dispositivo de capacidad por tensión para determinar la capacidad de batería consumida. En un ejemplo, los medios de combinación incluyen un procesador informático o un circuito controlador. Los medios de combinación también pueden incluir además instrucciones ejecutables, legibles o que pueden llevarse a cabo de otro modo, almacenadas de manera tangible en un medio legible por ordenador, en un ejemplo.

15 En un ejemplo, el controlador puede estar configurado para seleccionar mediciones de capacidad respectivas de los dos o más dispositivos de medición de capacidad y usar solamente una de las mediciones, o para calcular una combinación mezclada en capacidad de las mediciones, basándose en uno o más factores tales como: una planificación especificada o programable, uno o más puntos de ajuste especificados, uno o más parámetros de batería o uno o más indicadores de vida útil de batería.

20 Determinados compuestos químicos de batería, en particular CFx y MnO<sub>2</sub>, son propensos a reducir la tensión justo después de un evento de alta potencia (por ejemplo, telemetría inalámbrica, emisión de tonos o carga del condensador de desfibrilación). Puesto que la tensión de terminal de batería puede usarse para determinar el estado de agotamiento de la batería, sería posible leer erróneamente una tensión baja de terminal de batería y cambiar consecuentemente la indicación de la fase de vida útil de la batería. En un ejemplo, la medición de la tensión de batería puede inhibirse automáticamente durante un evento de alta potencia, y el cambio en la tensión de batería puede supervisarse para determinar el momento en que la tensión de batería se recupera del evento antes de que la medición de tensión de batería se use de nuevo para evaluar el estado de la batería a través de la medición por parte del dispositivo de capacidad por tensión.

30 Antes de implantarse, el dispositivo implantable puede someterse a bajas temperaturas. Dependiendo de los compuestos químicos de la batería y del modelo del dispositivo, una baja temperatura puede provocar una baja tensión supervisada de terminal de batería, un largo tiempo de carga de condensador de desfibrilación o la incapacidad de comunicaciones a través de radiofrecuencia (RF) inalámbrica o telemetría inductiva. En un ejemplo, el dispositivo tiene un detector de temperatura con uno o más límites de temperatura incorporados, por ejemplo para generar una alerta para avisar al usuario de tiempos de carga potencialmente largos o de la incapacidad de establecer comunicaciones de telemetría inalámbricas. Después de que el dispositivo se haya implantado, la impedancia de conducción, cálculos de estímulos y cálculos de detección se miden y ponderan de manera recurrente o periódica, en un ejemplo. En un ejemplo, la impedancia de conducción, los cálculos de estímulos y los cálculos de detección pueden usarse para predecir el tiempo hasta el explante y una o más tensiones de terminal de batería u otros límites para disparar de manera transitoria una o más alarmas de potencia.

#### Sistema para mostrar la longevidad de la batería

45 La figura 3 ilustra un diagrama de bloques de un sistema para mostrar la longevidad de la batería, en un ejemplo. El sistema de la figura 3 puede ser un subsistema del mostrado en la figura 1, en un ejemplo. En este ejemplo, el sistema 300 incluye un subsistema de detección, o circuito de detección 302, configurado para medir la capacidad de batería restante para un dispositivo implantable. El ejemplo de sistema incluye además un circuito controlador 304 conectado al circuito de detección 302, o subsistema de detección. El controlador 304 puede estar configurado para calcular la longevidad de la batería en función de la capacidad medida. El ejemplo de sistema incluye además una unidad de visualización 306 en comunicación con el controlador 304, estando configurada la unidad de visualización 306 para presentar la longevidad de batería mostrada en unidades de tiempo restante de la vida útil de la batería. En un ejemplo, la unidad de visualización 306 puede estar configurada para mostrar un indicador semicircular de la longevidad de la batería. En un ejemplo, la unidad de visualización 306 puede estar configurada para ilustrar un gráfico que muestra la longevidad de la batería. Otros tipos de dispositivos de visualización que muestran unidades de tiempo restante de la vida útil de la batería son posibles sin apartarse del alcance de la divulgación. El sistema 300 también tiene la capacidad de mostrar la capacidad de la batería en unidades de Ah, en un ejemplo.

60 La unidad de visualización 306 puede ser parte de una unidad de programación, tal como la mostrada en la figura 5 siguiente, en un ejemplo. El circuito de detección 302 puede estar ubicado dentro del dispositivo implantable, en un ejemplo. El controlador 304 puede estar ubicado dentro del dispositivo implantable, dentro de la unidad de programación, o una función de controlador puede estar compartida entre el dispositivo y la unidad de programación, en un ejemplo. En un ejemplo, el controlador puede estar ubicado en un sistema informático separado del dispositivo y la unidad de programación.

65 En un ejemplo, la unidad de visualización muestra la longevidad de la batería usando una visualización tipo

“indicador de gasolina” que incluye, por ejemplo, un indicador semicircular del tiempo restante con un fragmento que indica un año restante (véanse las figuras 8A a 8D, descritas posteriormente). Un indicador de “tiempo hasta el explante” puede usarse en el ejemplo ilustrado. Además, la unidad de visualización incluye una representación numérica de la capacidad restante y del consumo de potencia, en un ejemplo. En un ejemplo, un gráfico puede usarse para ilustrar la longevidad de la batería (véase la figura 8E, descrita posteriormente). En determinados ejemplos, los beneficios de un indicador del tiempo restante incluyen una representación a escala total de la longevidad fijada para todos los dispositivos del mismo número de modelo, y que el punto de activación del indicador que señala que queda un año puede fijarse para un número de modelo dado. En un ejemplo, la capacidad de batería consumida incluye la capacidad de batería en unidades de amperios/hora (Ah).

Un ejemplo adicional del sistema incluye medios para detectar la capacidad de batería restante para un dispositivo implantable. El ejemplo de sistema incluye además medios para calcular la longevidad de la batería en función de la capacidad detectada, estando los medios de cálculo acoplados a los medios de detección. El ejemplo de sistema incluye además una unidad de visualización acoplada a los medios de cálculo, donde el controlador y la unidad de visualización actúan conjuntamente para mostrar la longevidad de la batería en unidades de tiempo restante de la vida útil de la batería. En un ejemplo, los medios de detección incluyen un culombiómetro. Los medios de detección incluyen un dispositivo de capacidad por tensión, en un ejemplo. Otros tipos de medios de detección pueden usarse sin apartarse del alcance de esta divulgación. En un ejemplo, los medios de cálculo incluyen un microprocesador. Otros tipos de medios de cálculo pueden usarse sin apartarse del alcance de esta divulgación. Los medios de cálculo mostrados y descritos en el presente documento pueden implementarse usando software, hardware o combinaciones de software y hardware.

#### Dispositivos médicos implantables

La figura 4 ilustra un diagrama de bloques de un sistema con un dispositivo médico implantable (IMD), en un ejemplo. En este ejemplo, el sistema incluye un IMD 401, un cable eléctrico 420 acoplado al IMD 401, y al menos un electrodo 425. En este ejemplo, el IMD incluye un circuito controlador 405, un circuito de memoria 410, un circuito de telemetría inalámbrica 415 y un circuito de estimulación 435. El circuito controlador 405 puede llevar a cabo instrucciones almacenadas en el circuito de memoria para controlar el suministro de una terapia de estimulación eléctrica. La terapia puede suministrarse por el circuito de estimulación 435, por ejemplo a través del cable 420 y el (los) electrodo(s) 425. El circuito de telemetría inalámbrica 415 permite comunicaciones con una unidad de programación externa 430 u otro dispositivo externo. La unidad de programación 430 puede usarse para ajustar la terapia programada proporcionada por el IMD 401, y el IMD puede notificar datos de dispositivo (tales como la capacidad de batería restante y la resistencia del cable) y datos fisiológicos o de terapia (tales como datos de detección y de estimulación) a la unidad de programación usando telemetría inalámbrica, por ejemplo. El sistema ilustrado incluye además un sistema de circuitos de detección 440 que puede estar configurado para medir la capacidad consumida por una batería de dispositivo 450, en el método de la figura 6B, por ejemplo. La batería 450 puede conectarse al dispositivo 401, por ejemplo a través de un sistema de circuitos de fuente de alimentación 455, y puede estar alojada en el dispositivo 401 o en un alojamiento de batería 460 adyacente al dispositivo 401, en un ejemplo. El circuito controlador 405 procesa datos de detección procedentes del sistema de circuitos de detección y calcula la capacidad de la batería, tal como en los métodos dados a conocer. En un ejemplo, los sistemas y métodos dados a conocer pueden usarse con un dispositivo sin cables. En un ejemplo, uno o más electrodos satélite se controlan de manera inalámbrica para suministrar una terapia eléctrica.

Una de las muchas aplicaciones de los sistemas de gestión dinámica de batería que incorporan una o más enseñanzas del presente contenido incluye un dispositivo de control cardíaco implantable, que también puede proporcionar estímulos terapéuticos a un músculo del corazón. De este modo, por ejemplo, un dispositivo de control cardíaco implantable puede incluir un marcapasos, un cardioversor/desfibrilador, un dispositivo de terapia de resincronización cardíaca (CRT), un neuroestimulador, un dispositivo de insuficiencia cardíaca congestiva o combinaciones o permutaciones de los mismos. Un dispositivo de control cardíaco implantable puede incluir un sistema de cables que, después de la implantación, puede establecer un contacto eléctrico con una o más partes especificadas del corazón de un paciente. Las partes del dispositivo de control cardíaco implantable pueden incluir un circuito de supervisión para supervisar la actividad cardíaca, por ejemplo a través de uno o más de los cables del sistema de cables, y un circuito de terapia para suministrar energía eléctrica al corazón, por ejemplo a través de uno o más de los cables. El dispositivo de control cardíaco implantable también puede incluir un componente de almacenamiento de energía, que incluye una batería y al menos un condensador, en determinados ejemplos.

La figura 5 incluye un diagrama de bloques de una unidad de programación, tal como la ilustrada en el sistema de la figura 4, u otro dispositivo externo para las comunicaciones con el (los) IMD, en un ejemplo. La figura 5 ilustra una unidad de programación 544, tal como la unidad de programación 430 ilustrada en el sistema de la figura 4, u otro dispositivo externo para las comunicaciones con el (los) dispositivo(s) médico(s) implantable(s), en un ejemplo. Ejemplos de otros dispositivos externos incluyen, pero sin limitarse a, asistentes digitales personales (PDA), ordenadores personales de escritorio y portátiles, o dispositivos manuales. El dispositivo ilustrado 544 incluye un sistema de circuitos de controlador 545 y una memoria 546. El sistema de circuitos de controlador 545 puede implementarse usando hardware, software o combinaciones de hardware y software. En un ejemplo, el sistema de circuitos de controlador 545 incluye un procesador para llevar a cabo instrucciones de la memoria 546, por ejemplo

para llevar a cabo una pluralidad de funciones, incluyendo comunicar datos o programar instrucciones para los dispositivos implantables. El dispositivo 544 ilustrado incluye además un transceptor 547 y un sistema de circuitos asociado que se utilizan para las comunicaciones con un dispositivo implantable. Varios ejemplos pueden incluir capacidad de comunicación inalámbrica. Por ejemplo, un ejemplo del transceptor 547 y del sistema de circuitos asociado puede incluir una antena que se usará, por ejemplo, para las comunicaciones inalámbricas con un dispositivo implantable. El dispositivo 544 ilustrado incluye además una unidad de visualización 548, dispositivos de entrada/salida (E/S) 549, tales como un teclado o un ratón/puntero, y una interfaz de comunicaciones 550 que se usa, por ejemplo, para las comunicaciones con otros dispositivos, por ejemplo a través de una red de comunicaciones. La unidad de visualización 548 puede usarse para mostrar la longevidad de batería para una batería del IMD, en un ejemplo.

#### Métodos para combinar en capacidad las mediciones de batería

La figura 6A ilustra un diagrama de flujo de un método para combinar la capacidad de batería medida para una batería en un dispositivo médico implantable, en un ejemplo. En un ejemplo del método 600, la capacidad de batería consumida en un dispositivo implantable puede medirse usando dos o más dispositivos de medición, en 602. En un ejemplo, las mediciones de los dispositivos de medición se combinan usando una media ponderada para determinar la capacidad de batería consumida, en 604.

En un ejemplo, medir la capacidad de batería consumida incluye medir la capacidad de batería usando un culombiómetro, un dispositivo de capacidad por tensión, un culombiómetro asistido por software o un dispositivo de medición de tiempo de carga (que puede usar una tabla de consulta u otra técnica para convertir el tiempo de carga de condensador de desfibrilación en la capacidad de batería consumida o restante, como se ha descrito anteriormente). La capacidad de batería consumida puede medirse sustancialmente de manera continua o de manera periódica o recurrente, por ejemplo diariamente, por horas o con otra periodicidad, en un ejemplo. La capacidad de batería consumida puede notificarse a un controlador diariamente, por horas o con otra periodicidad, en un ejemplo. Medir la capacidad de batería consumida usando un culombiómetro incluye medir la capacidad de la batería usando un culombiómetro que pueda calibrarse de manera precisa, en un ejemplo. En un ejemplo, medir la capacidad de batería consumida incluye medir la capacidad de batería en unidades de amperios/hora (Ah).

La figura 6B ilustra un diagrama de flujo de un método para medir la capacidad consumida para una batería en un dispositivo médico implantable, en un ejemplo. En un ejemplo del método 610, la capacidad de batería consumida puede medirse usando un culombiómetro durante un primer periodo de tiempo, en 612. Las mediciones del culombiómetro y las mediciones de la capacidad de batería consumida usando un dispositivo de capacidad por tensión se combinan en capacidad durante un segundo periodo de tiempo, en 614. La capacidad de batería consumida puede medirse usando el dispositivo de capacidad por tensión durante un tercer periodo de tiempo, en 616.

En un ejemplo, el primer periodo de tiempo comienza al principio de la vida útil de la batería y termina cuando la batería ha consumido el 50% de su capacidad. El segundo periodo de tiempo comienza cuando la batería ha consumido el 50% de su capacidad y termina cuando la batería ha consumido el 75% de su capacidad, en un ejemplo. En un ejemplo, el tercer periodo de tiempo comienza cuando la batería ha consumido el 75% de su capacidad y termina cuando se agota la capacidad de la batería. Otras medidas pueden usarse para definir los periodos de tiempo, sin apartarse del alcance de esta divulgación. Como se ha descrito anteriormente, las mediciones de combinación en capacidad del culombiómetro y del dispositivo de capacidad por tensión pueden incluir calcular una media ponderada de las mediciones, en un ejemplo. La media ponderada calculada incluye una media ponderada lineal, en algunos ejemplos. En un ejemplo, medir la capacidad de batería consumida usando el dispositivo de capacidad por tensión incluye usar una tabla de consulta que relaciona la tensión de batería con la capacidad de batería consumida.

#### Métodos para mostrar la longevidad de la batería

La figura 6C ilustra un diagrama de flujo de un método para mostrar la longevidad de batería para una batería en un dispositivo médico implantable, en un ejemplo. En un ejemplo del método 620, la capacidad de batería restante para un dispositivo implantable puede detectarse, en 622, y la longevidad de la batería puede calcularse en función de la capacidad detectada, en 624. La longevidad de la batería puede mostrarse en unidades de tiempo restante de la vida útil de la batería, por ejemplo en forma de un indicador semicircular, en 626.

En un ejemplo, el método incluye además calcular la tasa de consumo de potencia usando un culombiómetro, y mostrar la tasa de consumo de potencia. En un ejemplo, detectar la capacidad de batería restante incluye usar un culombiómetro para medir la capacidad. Detectar la capacidad de batería restante incluye usar un dispositivo de capacidad por tensión para medir la capacidad, en un ejemplo. En un ejemplo, detectar la capacidad de batería restante incluye usar un dispositivo de capacidad por tensión y un culombiómetro para medir la capacidad. En un ejemplo, las mediciones del dispositivo de capacidad por tensión y del culombiómetro se combinan en capacidad para determinar la capacidad de batería consumida. En un ejemplo, el método incluye además calcular la fase de vida útil de batería a partir de la capacidad detectada.

La figura 6D ilustra un diagrama de flujo de un método para asignar capacidad de manera dinámica para una batería en un dispositivo médico implantable, en un ejemplo. En un ejemplo del método 630, la capacidad de batería restante puede detectarse para un dispositivo implantable, en 632. La media u otra tendencia central de la potencia consumida por el dispositivo puede calcularse en 634, en un ejemplo. En este ejemplo, la capacidad de batería restante puede asignarse en función de la potencia media consumida, en 636. En un ejemplo, calcular la potencia media consumida incluye notificar la potencia media consumida de manera recurrente o periódica, por ejemplo diariamente, por horas o semanalmente.

En un ejemplo, la potencia media consumida puede usarse para crear un sistema dinámico que asigna capacidad de batería entre un indicador de explante (en unidades de capacidad medida) y la finalización de la terapia. La unidad de visualización proporciona información a un médico para que éste pueda observar la menor longevidad de dispositivo como resultado de una programación demasiado agresiva, en un ejemplo.

Las figuras 8A a 8E ilustran visualizaciones de pantalla para el sistema de la figura 3, usadas para mostrar la longevidad de la batería, en un ejemplo. Como se ha descrito con respecto al método de la figura 6C, la longevidad de la batería puede mostrarse en unidades de tiempo restante de la vida útil de la batería. La figura 8A ilustra una visualización de pantalla que incluye una visualización de señal de cable 802, una visualización de información de paciente 804, una visualización de estado de cable 806, una visualización de estado de batería 801, una visualización de resumen de eventos 808 y una visualización de resumen de ajustes 810. En este ejemplo, la visualización de estado de batería 801 incluye un gráfico tipo "indicador de gasolina" (o indicador semicircular) 803 con una aguja que indica la longevidad de la batería. La longevidad de la batería también puede mostrarse con texto 805, indicando la vida útil restante de la batería en unidades de tiempo. La visualización de estado de batería 801 incluye además un botón para el estado de la batería, en un ejemplo. Otros tipos de visualizaciones de longevidad de batería están dentro del alcance de esta divulgación. La figura 8B ilustra una visualización de pantalla de una pantalla de estado de batería 811 que incluye la visualización de señal de cable. La figura 8C ilustra una visualización de pantalla de una pantalla de detalles de batería 821. La pantalla de detalles de batería 821 muestra la potencia media y la capacidad consumida, en un ejemplo. La visualización de señal de cable 802 también puede mostrarse. La figura 8D ilustra una pantalla de estado de batería 831 que incluye un indicador de un año hasta el explante, similar a la pantalla de la figura 8B. Sin embargo, en la figura 8D, el indicador indica que la batería ha alcanzado su momento de explante.

La figura 8E ilustra una visualización de pantalla de una pantalla de estado de batería 841, donde la capacidad de batería restante puede mostrarse de manera gráfica. El gráfico incluye una línea de tiempo rectangular, donde el lado izquierdo indica el implante y el lado derecho el explante. Además, se incluye un indicador de estado actual y un indicador de un 1 año hasta el explante, en un ejemplo. Además, el grosor de una línea del gráfico puede usarse para indicar la tasa de consumo de potencia, en un ejemplo. También puede incluirse un gráfico lineal de capacidad acumulativa restante, el cual puede cambiar dinámicamente en respuesta a cambios de programación para mostrar un consumo de potencia predicho o futuro y el tiempo hasta el explante. Otras formas y tipos de visualizaciones de longevidad de batería están dentro del alcance de esta divulgación.

#### Detección de agotamiento anómalo de batería

Durante el funcionamiento normal, el dispositivo puede usar una combinación de mediciones del culombiómetro y de tensión de batería para estimar la longevidad de la batería o el tiempo hasta el explante. Sin embargo, si se produce un fallo de agotamiento por alta corriente y si la trayectoria de alta corriente elude o satura el culombiómetro, el culombiómetro ya no puede medir el consumo de carga de manera precisa. En un ejemplo, este fallo de agotamiento por alta corriente puede detectarse como una condición de fallo de tensión indicada por una caída de tensión de la batería que infringe un valor de tensión de batería de umbral de alarma. Uno o más de tales valores de tensión de batería de umbral de alarma pueden determinarse considerando uno o más de entre la tensión de batería medida, la capacidad de la batería, posibles errores en la medición de tensión de batería y posibles errores en la medición de capacidad de batería. Durante la vida útil de la batería pueden usarse más de un valor de tensión de batería de umbral de alarma, tal como los correspondientes a diferentes partes de la vida útil de la batería. En determinados ejemplos, esto puede mejorar la sensibilidad o la especificidad de las alarmas.

La figura 9 ilustra un diagrama gráfico de tensión de batería (V) frente a la capacidad de batería (Ah) que proporciona un ejemplo de umbrales de alarma de tensión de batería para la detección de un agotamiento anómalo de batería en un dispositivo médico implantable, en un ejemplo. Se muestra una tensión de batería máxima 905 y una tensión de batería mínima 910, junto con una pluralidad de alarmas de tensión 921, 922, 923, 924, 925, 926 y 927. Aunque este ejemplo proporciona siete umbrales de alarma diferentes durante el transcurso de la vida útil de la batería, puede usarse otros números de alarmas. Diferentes umbrales de tensión de alarma se usan a medida que la tensión de la batería cambia durante la vida útil de la batería (mostrada como la capacidad de batería consumida). El cambio de un umbral a otro puede determinarse usando las mediciones combinadas de capacidad de batería consumida descritas anteriormente. En un ejemplo, para el primer 50% de capacidad consumida, el culombiómetro mide la capacidad de batería consumida.

Entre el 50% y el 62,5% de la capacidad de batería consumida, se usa una combinación de mediciones de culombiómetro y de tensión, evitándose que se produzca un error si la tensión cae y el culombiómetro no funciona correctamente.

5 Variaciones en la producción de baterías proporcionarán generalmente una variedad esperada de curvas características de tensión de batería frente a la capacidad de batería. El ejemplo mostrado en la figura 9 usa una desviación típica nominal menos uno para la tensión mínima 910 y una desviación típica nominal más uno para la tensión máxima 905. Puesto que las mediciones de tensión para un dispositivo implantable pueden tener un error especificado en la medición, la tensión mínima 910 puede ajustarse adicionalmente de manera descendente por el error especificado (por ejemplo, 20 mV) y la tensión máxima 905 puede ajustarse adicionalmente de manera ascendente por el error especificado (por ejemplo, 20 mV). La medición de la capacidad del dispositivo también tiene un error especificado en la medición que puede tenerse en cuenta cuando se generan los umbrales de tensión. Para el ejemplo descrito, la curva de tensión mínima 910 se ha escalado hacia la izquierda (menos capacidad) en un 10% y la curva de tensión máxima 905 se ha escalado hacia la derecha en un 10%, para tener en cuenta un error a modo de ejemplo en las mediciones de capacidad de batería. Puesto que no hay un modo de fallo conocido que provoque una tensión de batería mayor que la esperada, solo es necesario generar una alarma de tensión de batería si la tensión de batería cae por debajo de la tensión mínima 910. Una alerta o alarma resultante puede proporcionarse de manera telemétrica o de otra manera externa, por ejemplo de manera local (por ejemplo, al paciente u otro usuario), o remota (por ejemplo, a través de una red de comunicaciones hasta un dispositivo de supervisión disponible para un cuidador u otro usuario).

Para reducir o minimizar las falsas alarmas, el umbral de tensión de batería de alarma puede fijarse por debajo de la tensión mínima 910, en determinados ejemplos. Para incrementar o maximizar la sensibilidad, el umbral de tensión de batería de alarma puede fijarse con un valor más elevado, por ejemplo tan cerca como sea posible de la tensión mínima 910. Aunque la implementación de la alarma puede simplificarse usando un pequeño número de diferentes umbrales de tensión de batería de alarma (por ejemplo, uno o dos) durante diferentes partes de la vida útil de la batería, puede conseguirse un mayor rendimiento usando más umbrales o usando una función sustancialmente continua u otra función para calcular los umbrales de tensión de batería de alarma, por ejemplo en función de la capacidad de batería. En determinados ejemplos, un dispositivo usa dos umbrales de tensión de batería de alarma que pueden especificarse de manera independiente para la detección de un agotamiento de tensión de batería, pero tiene una capacidad incorporada para cinco umbrales de tensión de batería de alarma que pueden especificarse de manera independiente. La figura 9 muestra un ejemplo con siete umbrales de tensión de batería de alarma que pueden especificarse de manera independiente. Para los primeros 0,60 Ah, el umbral de tensión 921 puede ser de 3,075 voltios. El segundo umbral 922 puede estar comprendido entre 0,60 Ah y 0,85 Ah y tiene un umbral de 3,060 voltios. En un ejemplo, dos de dos mediciones diarias de tensión de batería que infringen el valor de umbral de tensión de batería de alarma disparan la alarma. En otro ejemplo, una única medición de tensión de batería que infringe el valor de umbral de tensión de batería de alarma dispara la alarma.

La figura 10 ilustra un diagrama de flujo de un método para la detección de un agotamiento anómalo de batería en un dispositivo implantable, en un ejemplo. En un ejemplo, en 1005 puede medirse la capacidad de batería consumida usando la carga proporcionada por la batería (tal como por un culombiómetro, en un ejemplo) y, en 1010 puede medirse la capacidad de batería consumida usando un dispositivo de capacidad por tensión. En 1015, las mediciones se combinan para determinar el estado de la batería. En 1020 puede detectarse una caída en la tensión de la batería por debajo de uno o más umbrales programables para identificar un fallo de agotamiento por alta corriente y, en 1025, puede proporcionarse una alarma para indicar que se ha detectado el fallo, en un ejemplo. La alarma puede proporcionarse de manera local a un paciente o de manera remota a través de una red de comunicaciones, tal como una red inalámbrica. Para detectar una caída de tensión por debajo de un umbral, la tensión puede medirse y compararse con el umbral diariamente o más de una vez al día, en un ejemplo. En un ejemplo, la alarma puede proporcionarse cuando al menos dos mediciones de tensión de batería están por debajo del uno o más umbrales programables. Las mediciones de baja tensión debidas a una recuperación de tensión a partir de un estado de consumo de alta corriente sin fallos se suprimen para evitar falsas alarmas. El cambio de un umbral a otro puede basarse en mediciones combinadas de capacidad de batería consumida. Los umbrales pueden calcularse usando una función sustancialmente continua, u otra función. En un ejemplo, los umbrales se fijan por debajo de la tensión mínima para reducir las falsas alarmas. Las mediciones del culombiómetro acerca de la capacidad de la batería incluyen notificaciones continuas sobre la capacidad consumida diariamente en unidades de amperios/hora (Ah), en un ejemplo.

El sistema de la figura 1 puede adaptarse para la detección de un agotamiento anómalo en un dispositivo implantable. Un ejemplo del sistema 100 incluye un culombiómetro (dispositivo 102) configurado para medir la capacidad de la batería 108 y un dispositivo de capacidad por tensión (dispositivo 104) configurado para usar una tensión de batería detectada para medir la capacidad de batería. Un controlador 106 conectado al culombiómetro y al dispositivo de capacidad por tensión puede estar configurado para combinar las mediciones del culombiómetro y del dispositivo de capacidad por tensión, usando una media ponderada para determinar la capacidad de batería consumida. El controlador 106 puede estar configurado para detectar una caída en la tensión de batería detectada por debajo de un umbral especificado para identificar un fallo de agotamiento por alta corriente. En un ejemplo, el controlador puede estar configurado además para proporcionar una alarma para indicar que se ha detectado el fallo.

La alarma puede incluir un mensaje mostrado en una unidad de visualización 110, en un ejemplo. El umbral especificado puede determinarse en función de la capacidad de batería consumida, puede incluir diferentes umbrales correspondientes a diferentes partes de la vida útil de la batería y puede calcularse usando una función sustancialmente continua u otra función, que puede basarse, al menos en parte, en las mediciones combinadas de capacidad de batería consumida. En un ejemplo, el uno o más umbrales programables disminuyen en tensión durante la vida útil de la batería y pueden incluir al menos siete valores de umbral distintos. Otros números de valores de umbral son posibles sin apartarse del alcance de esta divulgación.

El uso de umbrales de tensión para disparar alarmas puede considerar causas de condiciones de baja tensión que no garantizarán que se dispare una alarma (por ejemplo, falsos positivos). Un ejemplo de una condición de este tipo es la recuperación de tensión del dispositivo. La potencia suministrada por la batería puede reducir de manera transitoria la tensión de la batería. Una carga de alta tensión puede reducir la tensión de batería medida durante horas o días. El procedimiento de medición de tensión descrito anteriormente puede incluir detectar y suprimir mediciones de baja tensión debidas a la recuperación de tensión a partir de una condición de consumo de alta corriente sin fallos. Un procedimiento de recuperación de tensión puede estar diseñado para omitir una baja tensión por motivos conocidos y para filtrar el ruido de la tensión. Un efecto secundario del filtrado puede ser un retardo a la hora de notificar la tensión medida al resto del sistema. La recuperación de tensión puede añadir un retardo de hasta tres días, en un ejemplo. En un ejemplo, las mediciones de tensión y de capacidad se toman diariamente. En algunos ejemplos, las mediciones para la detección de un agotamiento anómalo de batería se producen diariamente.

En un ejemplo, el estado de la batería puede determinarse midiendo la capacidad de la batería (por ejemplo, usando un culombiómetro) durante una primera parte de la vida útil de la batería (donde la "primera parte" de la vida útil de la batería también puede medirse usando una determinación de capacidad de batería, tal como un culombiómetro). Las alarmas de tensión de batería descritas anteriormente pueden usarse durante la primera parte de la vida útil de la batería, por ejemplo para detectar una condición anómala de fallo por alta corriente que puede eludir al culombiómetro. En este ejemplo, durante la última parte de la vida útil de la batería, el estado de la batería puede determinarse usando una medición de tensión de batería y, por tanto, usar una o más alarmas diferentes de tensión de batería puede ser, por lo general, menos importante durante esta última parte de la vida útil de la batería. Puesto que la tensión de batería disminuye durante esta última parte de la vida útil de la batería, un indicador de estado de batería puede pasar a "explante" y después a "fin de vida útil" (EOL). Declarar un fallo de tensión de batería cerca de "explante" o EOL puede ser menos beneficioso para el paciente o el médico, ya que es probable que el dispositivo se sustituya de todos modos en este punto.

#### Notas adicionales

La descripción anteriormente detallada incluye referencias a los dibujos adjuntos, los cuales forman parte de la descripción detallada. Los dibujos muestran, a modo de ilustración, realizaciones específicas en las que la invención puede llevarse a la práctica. En el presente documento también se hace referencia a estas realizaciones como "ejemplos". Tales ejemplos pueden incluir elementos además de los mostrados y descritos. Sin embargo, los presentes inventores también contemplan ejemplos en los que solo se proporcionan esos elementos mostrados y descritos.

En este documento, los términos "un" o "una" se usan, como es habitual en los documentos de patente, para incluir uno o más de uno, independientemente de cualquier otra instancia o uso de "al menos uno" o "uno o más". En este documento, el término "o" se usa para referirse a una "o" no exclusiva, de manera que "A o B" incluye "A pero no B", "B pero no A" y "A y B", a no ser que se indique lo contrario. En las reivindicaciones adjuntas, los términos "que incluye" y "en el que" se usan como equivalencias a los términos respectivos "que comprende" y "donde". Además, en las siguientes reivindicaciones, los términos "que incluye" y "que comprende" son abiertos, es decir, se considera que un sistema, dispositivo, artículo o proceso que incluye otros elementos además de los enumerados después de un término de este tipo en una reivindicación está dentro del alcance de esa reivindicación. Además, en las reivindicaciones siguientes, los términos "primero", "segundo", "tercero", etc., se usan simplemente como etiquetas y no pretenden imponer requisitos numéricos en sus objetos.

Los ejemplos de método descritos en el presente documento pueden implementarse, al menos en parte, mediante una máquina o un ordenador. Algunos ejemplos pueden incluir un medio legible por ordenador o un medio legible por máquina codificado con instrucciones que pueden hacerse funcionar para configurar un dispositivo electrónico para que lleve a cabo métodos como los descritos en los ejemplos anteriores. Una implementación de tales métodos puede incluir código, tal como microcódigo, código de lenguaje ensamblador, un código de lenguaje de nivel superior, o similar. Tal código puede incluir instrucciones legibles por ordenador para llevar a cabo varios métodos. El código puede formar parte de productos de programa informático. Además, el código puede almacenarse de manera tangible en uno o más medios legibles por ordenador volátiles o no volátiles durante la ejecución o en otros momentos. Estos medios legibles por ordenador pueden incluir, pero sin limitarse a, discos duros, discos magnéticos extraíbles, discos ópticos extraíbles (por ejemplo, discos compactos y discos de vídeo digital), cintas magnéticas, tarjetas de memoria o memorias USB, memorias de acceso aleatorio (RAM), memorias de solo lectura (ROM) y similares.

5 La anterior descripción tiene fines ilustrativos, pero no restrictivos. Por ejemplo, los ejemplos descritos anteriormente (o uno o más aspectos de los mismos) pueden usarse de manera combinada entre sí. Otras realizaciones pueden usarse, tales como las de un experto en la técnica tras analizar la anterior descripción. Además, en la anterior descripción detallada, varias características pueden agruparse entre sí para simplificar la divulgación. Esto no debe interpretarse como que una característica dada a conocer no reivindicada es esencial para cualquier reivindicación. Es más, el contenido inventivo no tiene por qué referirse a todas las características de una realización particular dada a conocer. Por tanto, las siguientes reivindicaciones están incorporadas en la descripción detallada, donde cada reivindicación representa una realización distinta. El alcance de la invención debe determinarse con referencia a las reivindicaciones adjuntas, junto con el alcance total de sus equivalentes legitimados por tales reivindicaciones.

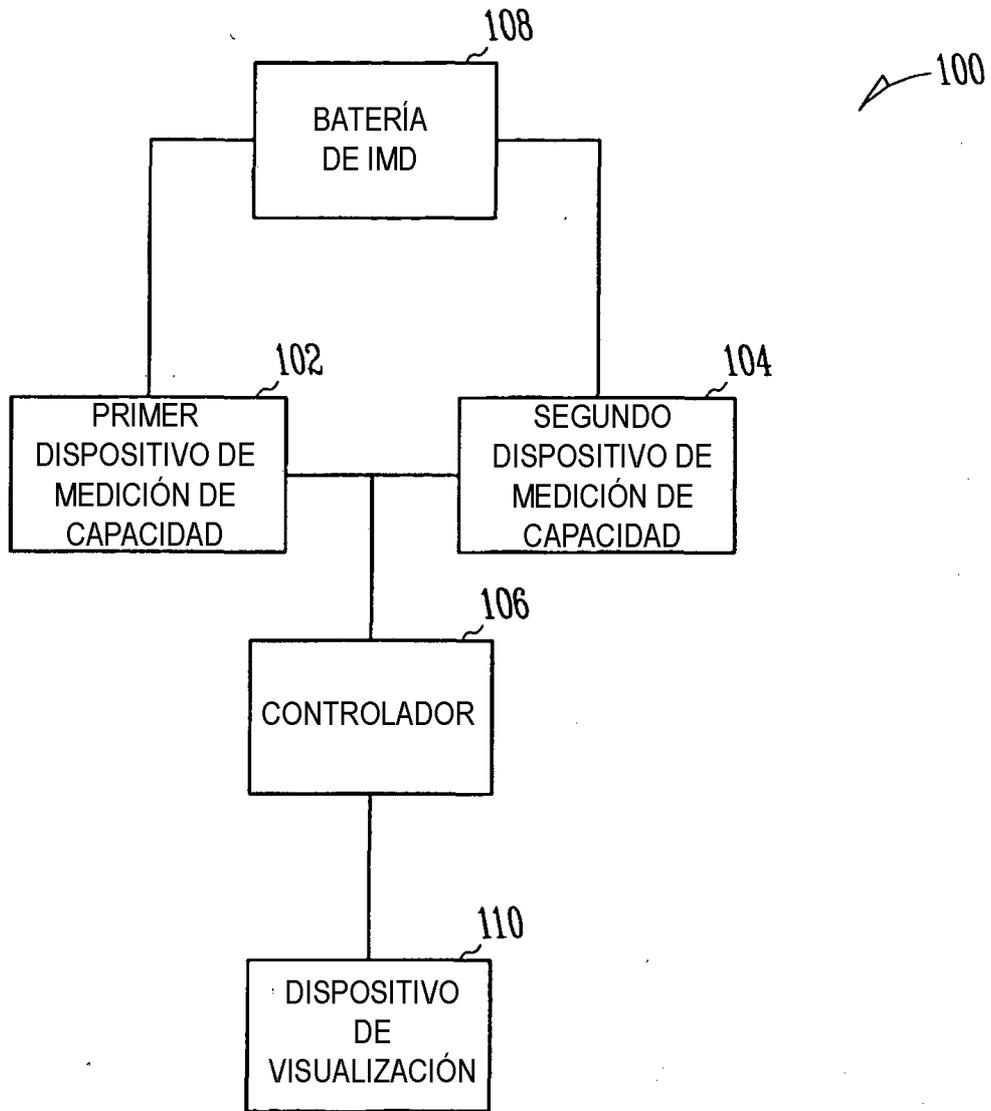
**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un sistema, que comprende:
- 5 un culombiómetro (102) configurado para medir una capacidad de batería;
- un dispositivo de capacidad por tensión (104) configurado para usar una tensión de batería detectada para medir una capacidad de batería;
- 10 un controlador (106), acoplado al culombiómetro y al dispositivo de capacidad por tensión, estando configurado el controlador para combinar las mediciones del culombiómetro y del dispositivo de capacidad por tensión;
- caracterizado porque el controlador usa una media ponderada para determinar la capacidad de batería consumida; y en el que el controlador (106) está configurado para detectar una caída en la tensión de batería detectada por debajo de un umbral especificado para identificar un fallo de agotamiento por alta corriente, estando determinado el umbral especificado en función de la capacidad de batería consumida calculada usando la media ponderada.
- 15
- 2.- El sistema según la reivindicación 1, en el que el controlador está configurado además para proporcionar una alarma para indicar que se ha detectado el fallo.
- 20
- 3.- El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el umbral especificado incluye diferentes umbrales correspondientes a diferentes partes de la vida útil de una batería.
- 4.- El sistema según la reivindicación 3, en el que los diferentes umbrales se calculan usando una función sustancialmente continua.
- 25
- 5.- El sistema según la reivindicación 4, en el que la función se basa, al menos en parte, en la capacidad de batería consumida.
- 30
- 6.- El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que el umbral especificado disminuye en tensión durante la vida útil de una batería.
- 7.- El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que los diferentes umbrales incluyen al menos siete valores de umbral diferentes.
- 35
- 8.- Un método para detectar un agotamiento anómalo para una batería en un dispositivo médico implantable, comprendiendo el método:
- medir la capacidad de batería consumida midiendo una carga proporcionada por la batería;
- 40 medir la capacidad de batería consumida usando una medición de capacidad por tensión;
- caracterizado por
- 45 combinar, usando una media ponderada, mediciones de la carga medida proporcionada por la batería y la medición de capacidad por tensión;
- detectar una caída en la tensión de batería por debajo de umbral especificado para identificar un fallo de agotamiento por alta corriente, estando determinado el umbral especificado en función de la capacidad de batería consumida calculada usando la media ponderada; y
- 50 proporcionar una alarma para indicar que se ha detectado el fallo.
- 9.- El método según la reivindicación 8, en el que proporcionar una alarma incluye proporcionar la alarma de manera local a un paciente.
- 55
- 10.- El método según la reivindicación 8, en el que proporcionar una alarma incluye proporcionar la alarma de manera remota a través de una red de comunicaciones.
- 60
- 11.- El método según la reivindicación 10, en el que proporcionar la alarma de manera remota a través de una red de comunicaciones incluye proporcionar la alarma a través de una red al menos parcialmente inalámbrica.
- 12.- El método según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que detectar una caída de tensión incluye medir la tensión de la batería diariamente.
- 65
- 13.- El método según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que detectar una caída de tensión incluye

medir la tensión de la batería más de una vez diariamente.

14.- El método según la reivindicación 13, en el que proporcionar una alarma incluye proporcionar una alarma cuando al menos dos mediciones de tensión de batería están por debajo del uno o más umbrales programables.

5 15.- El método según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14, en el que detectar una caída de tensión incluye detectar y suprimir mediciones de baja tensión debidas a la recuperación de tensión a partir de una condición de consumo de alta corriente sin fallos.



*Fig. 1*

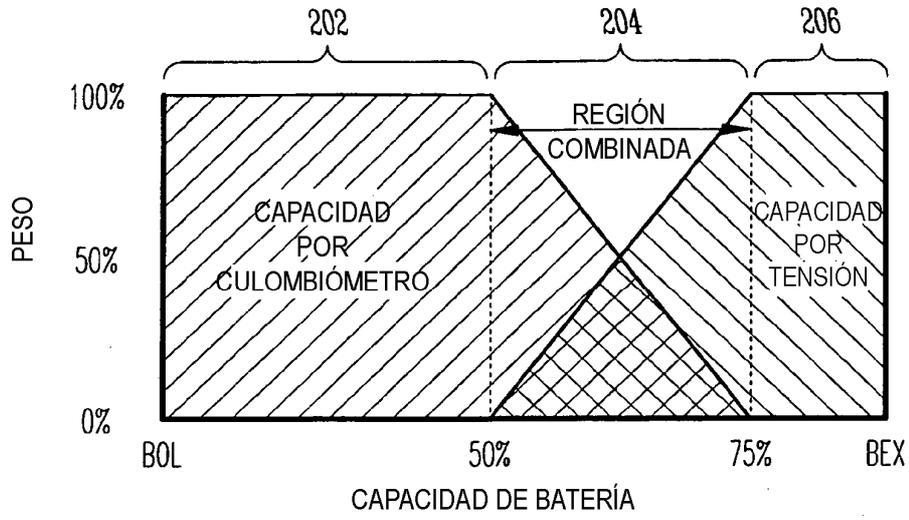


Fig. 2

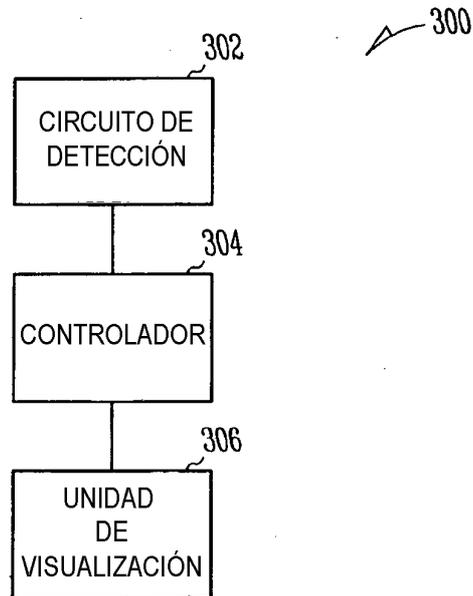


Fig. 3

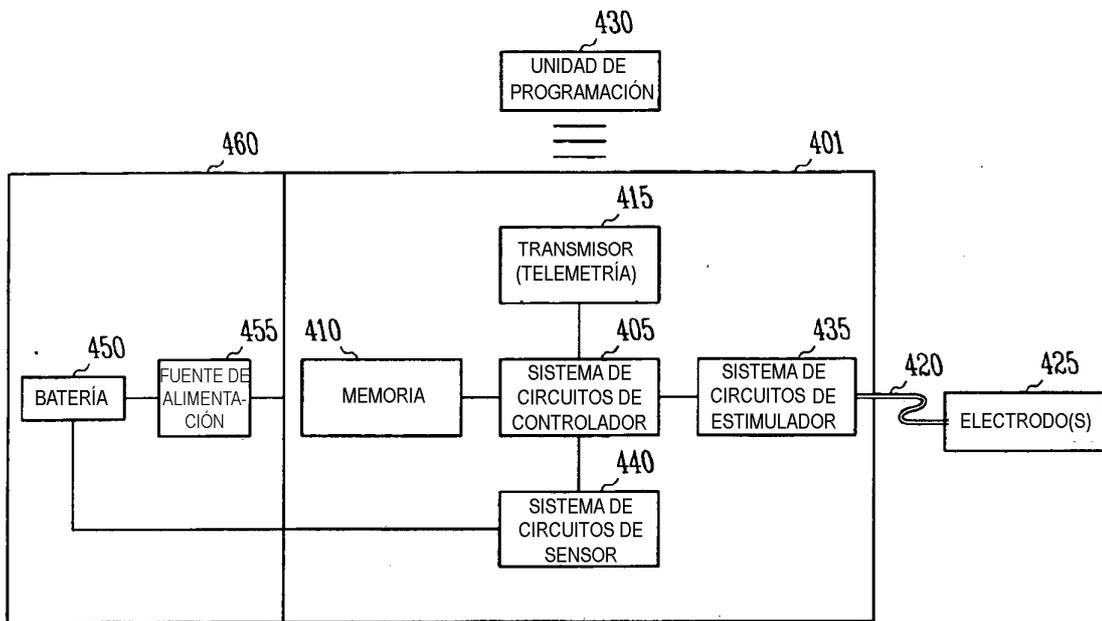


Fig. 4

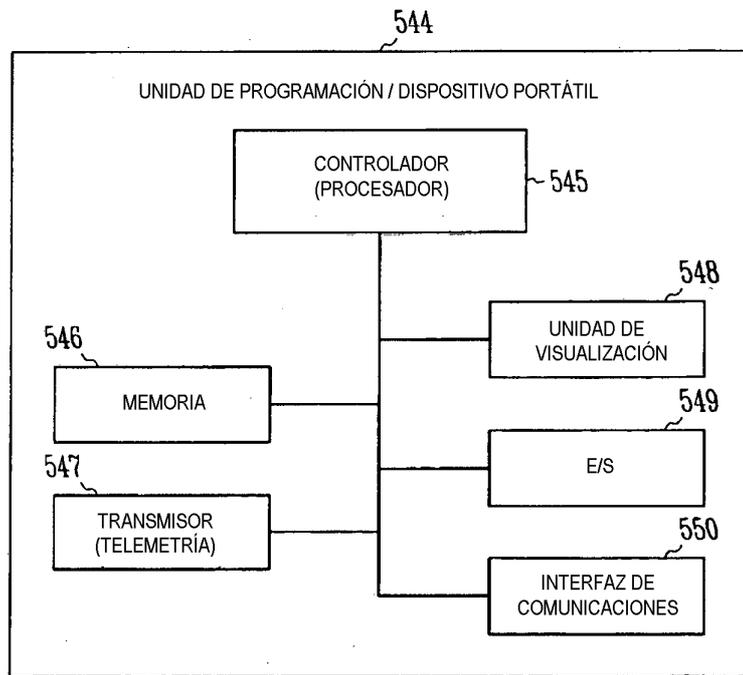
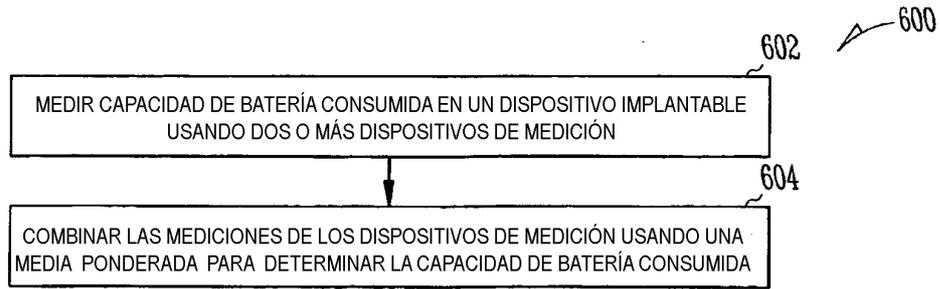
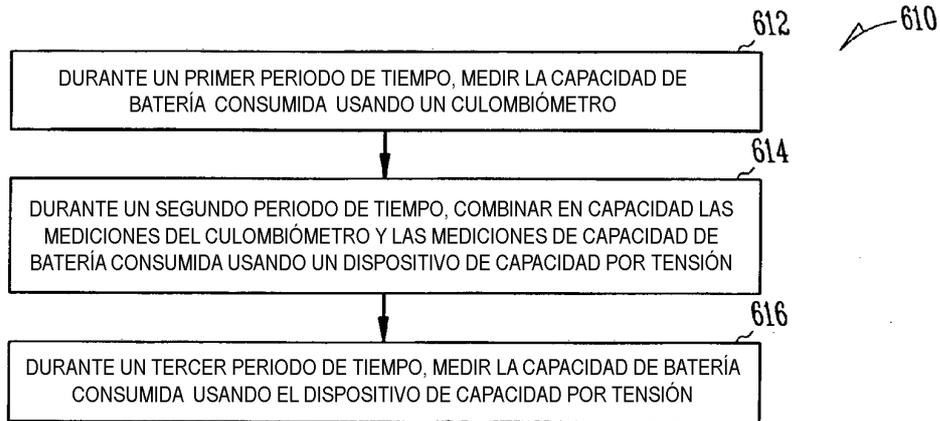


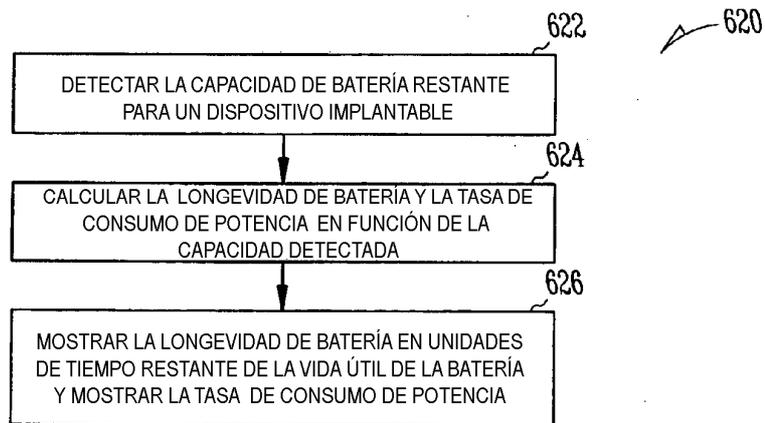
Fig. 5



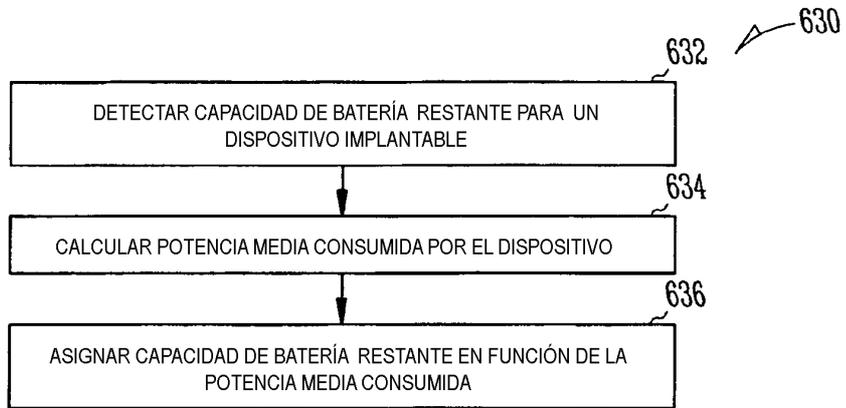
*Fig. 6A*



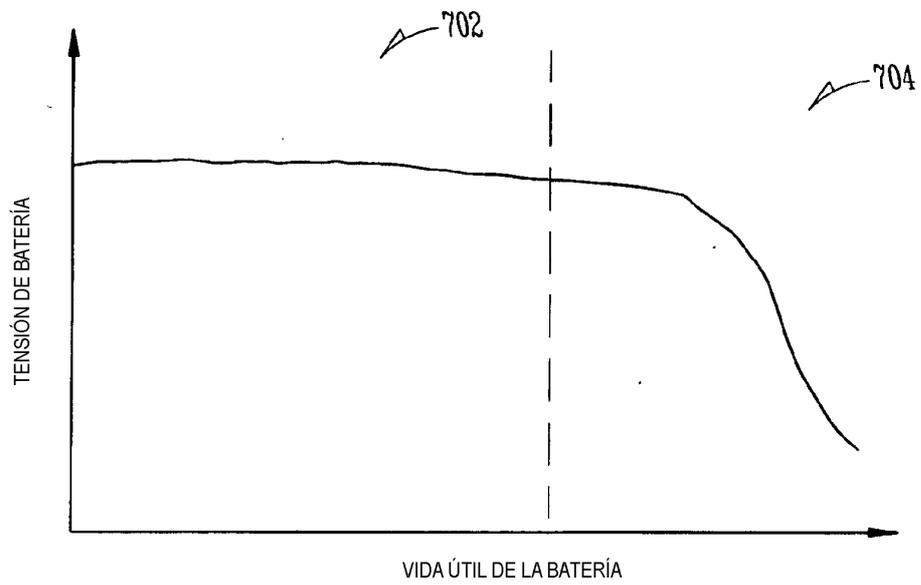
*Fig. 6B*



*Fig. 6C*



*Fig. 6D*



*Fig. 7*

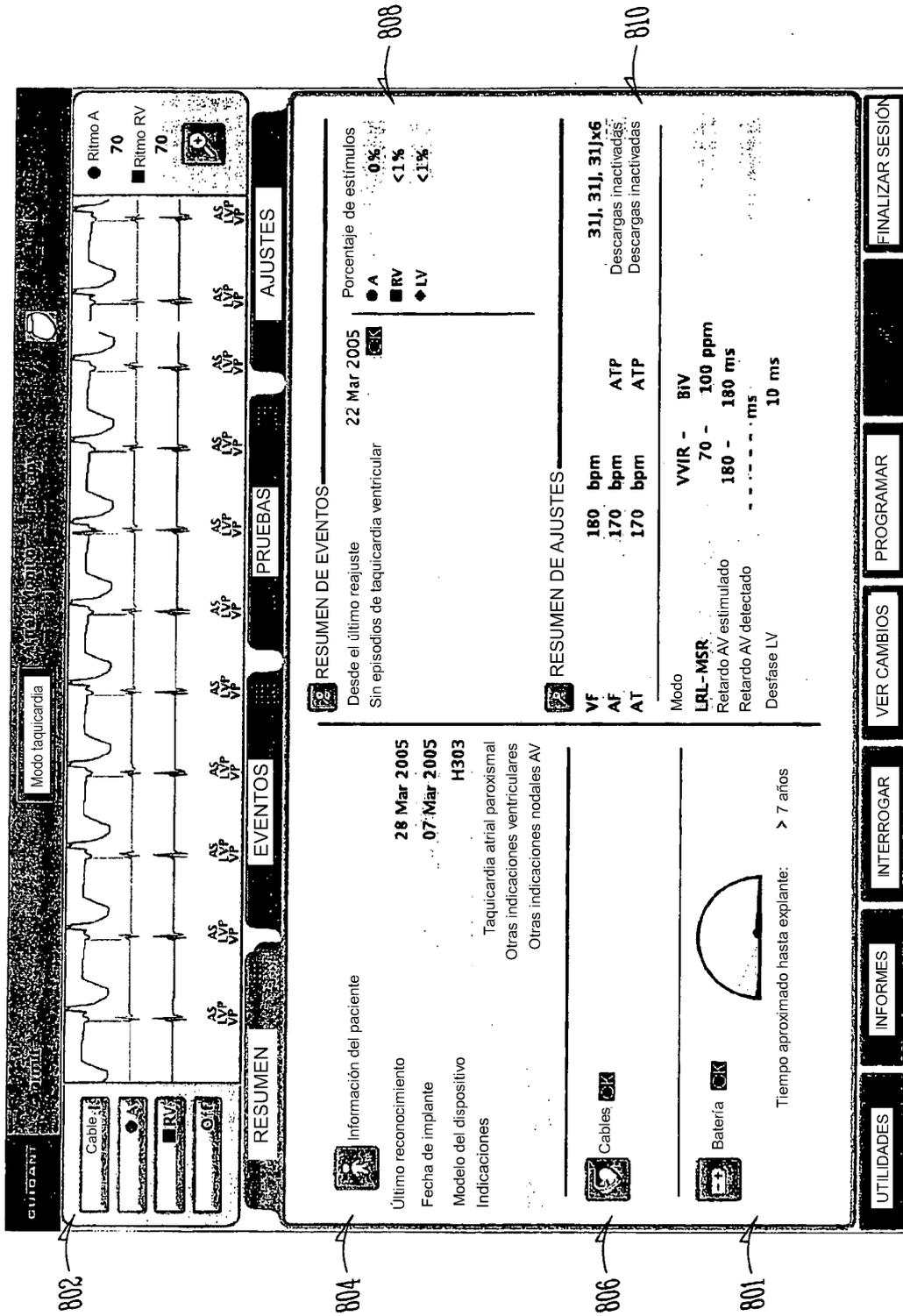


Fig. 8B

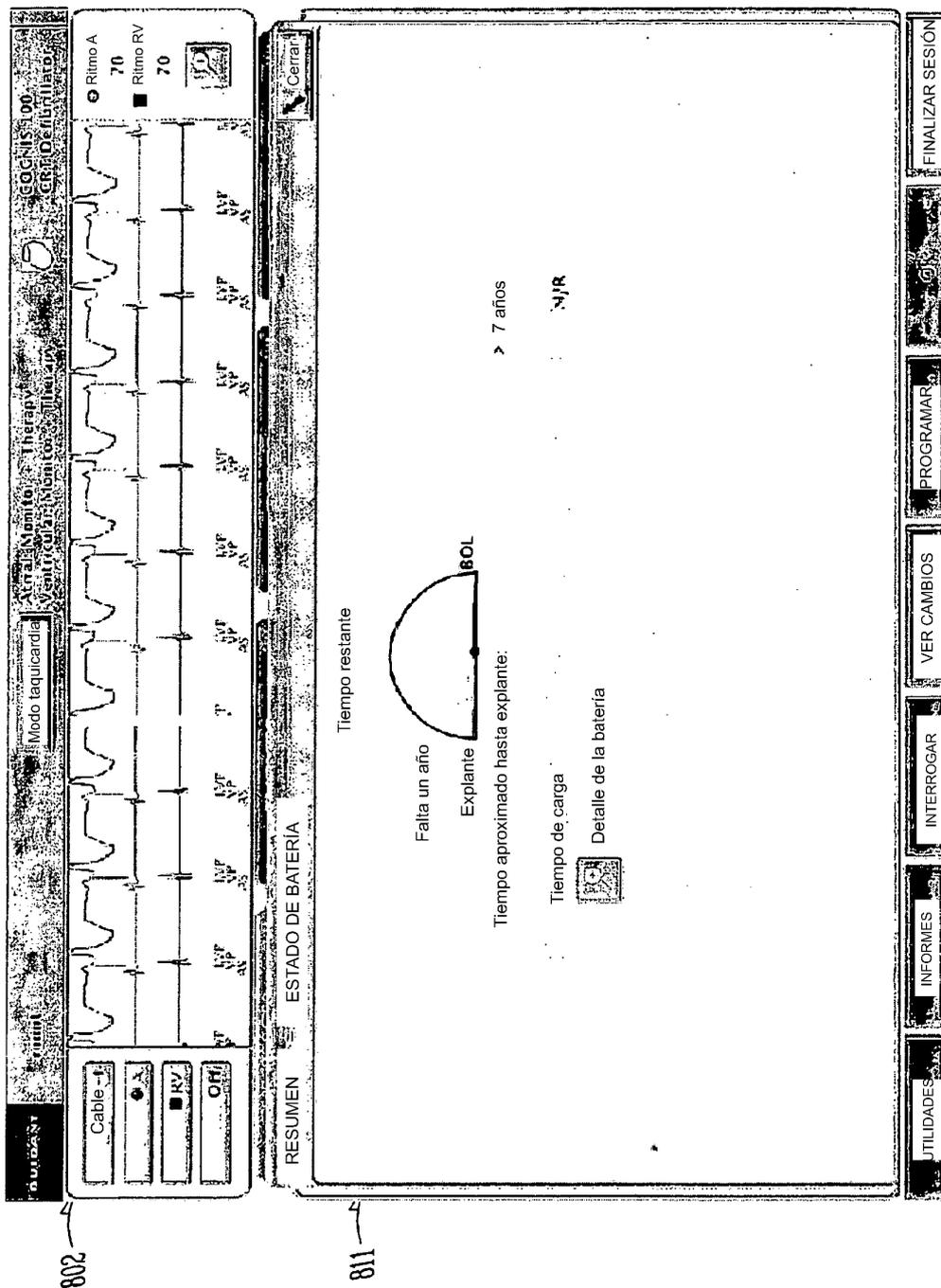
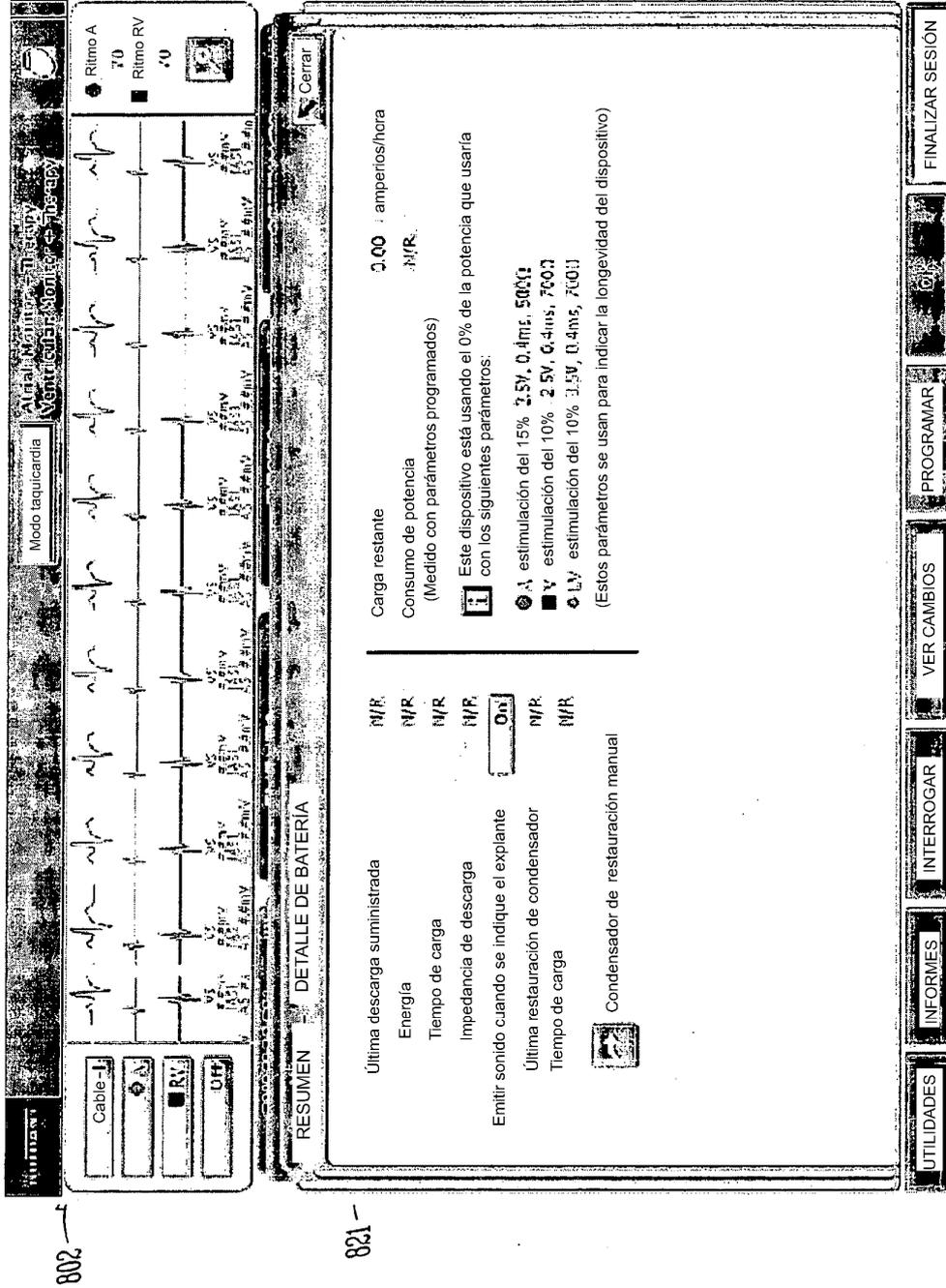


Fig. 8C



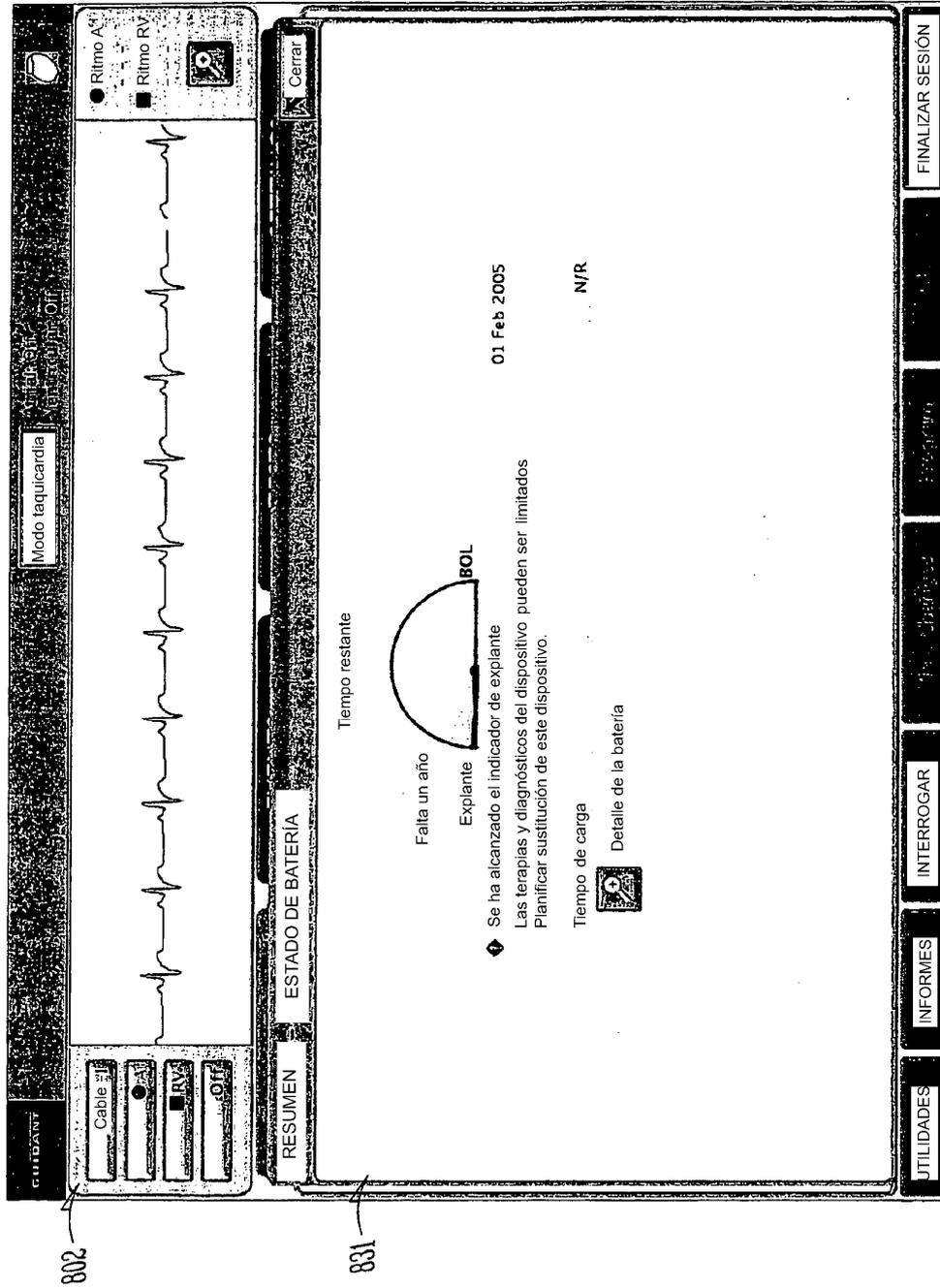


Fig. 8D

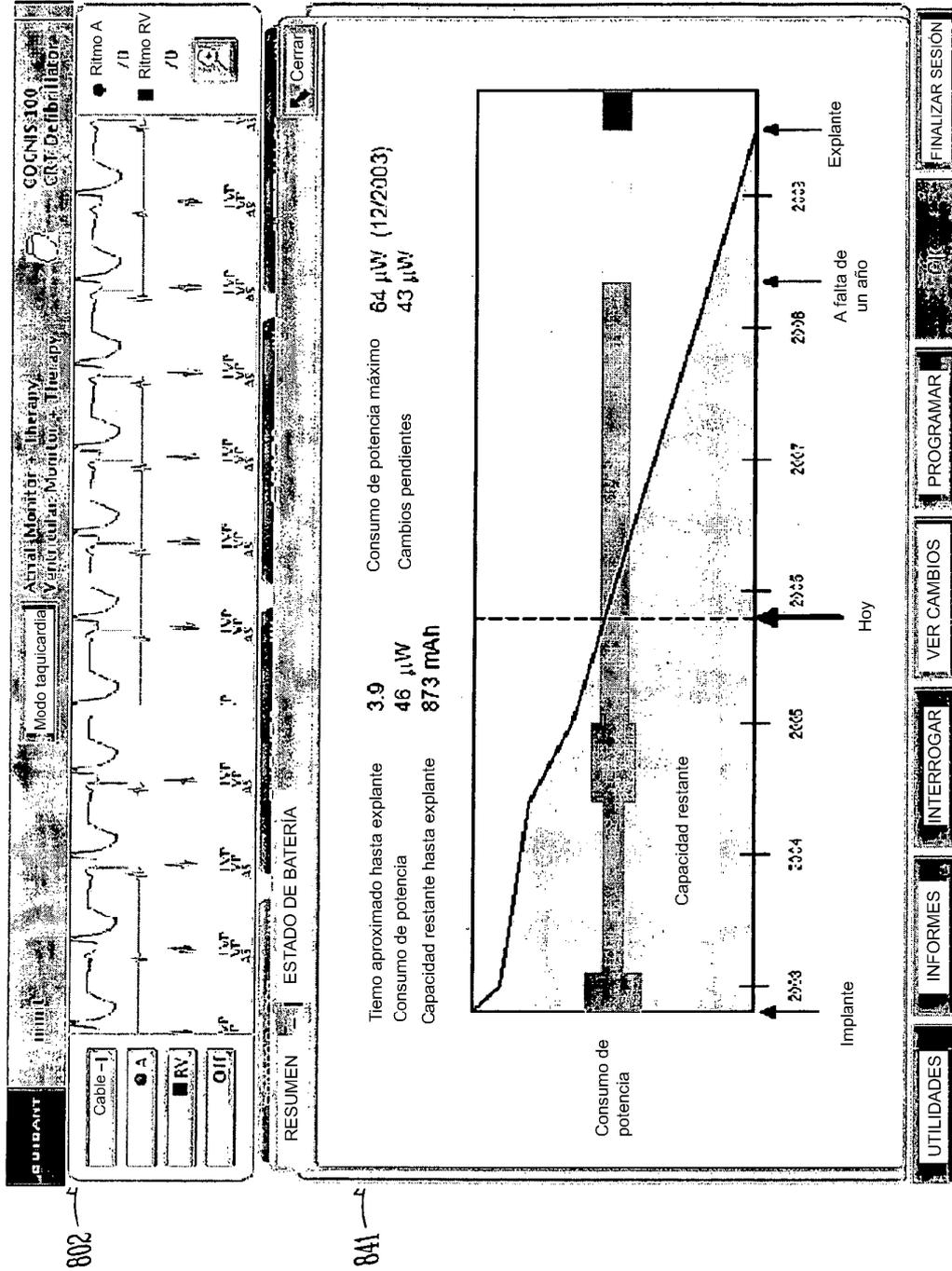


Fig. 8E

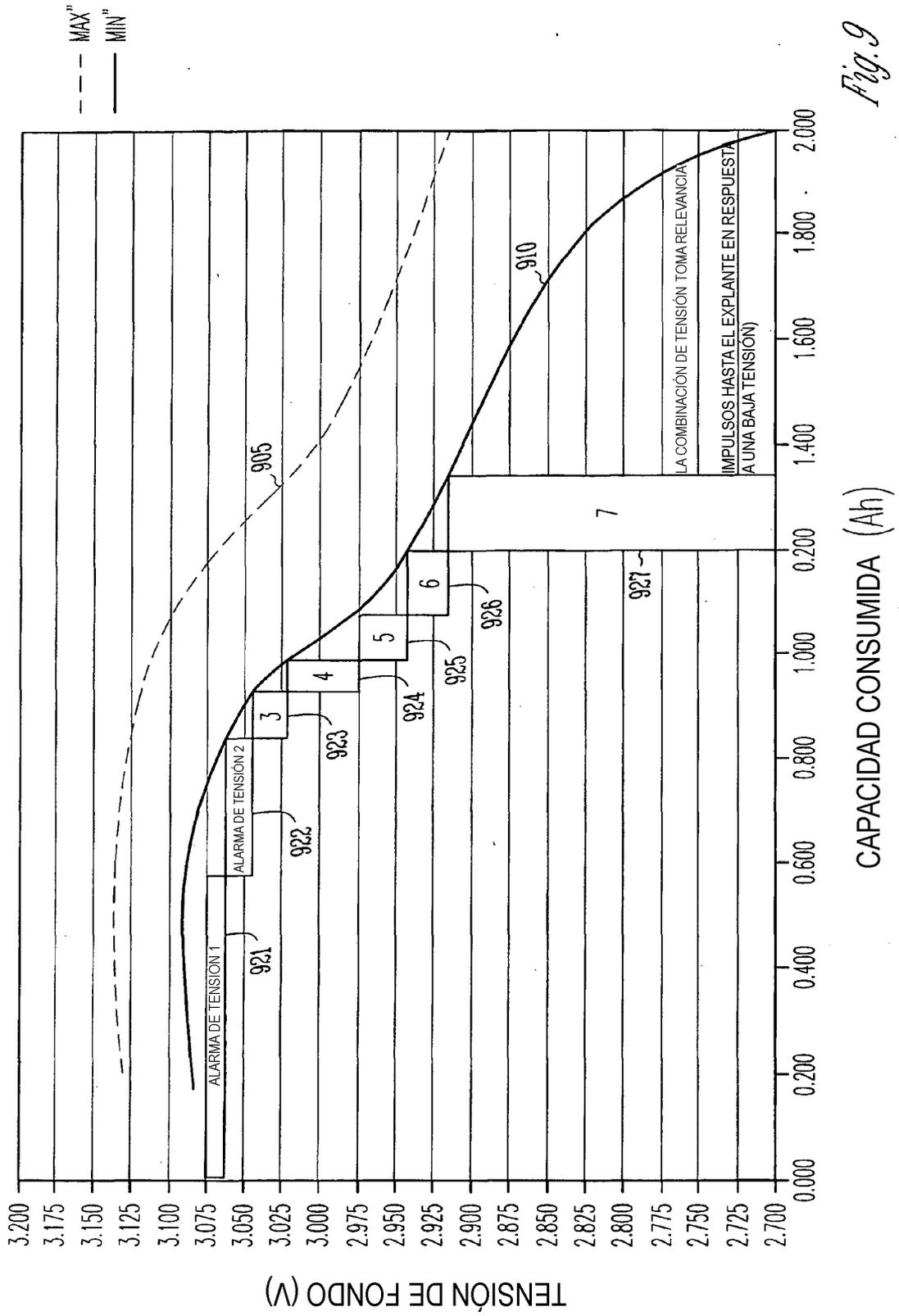
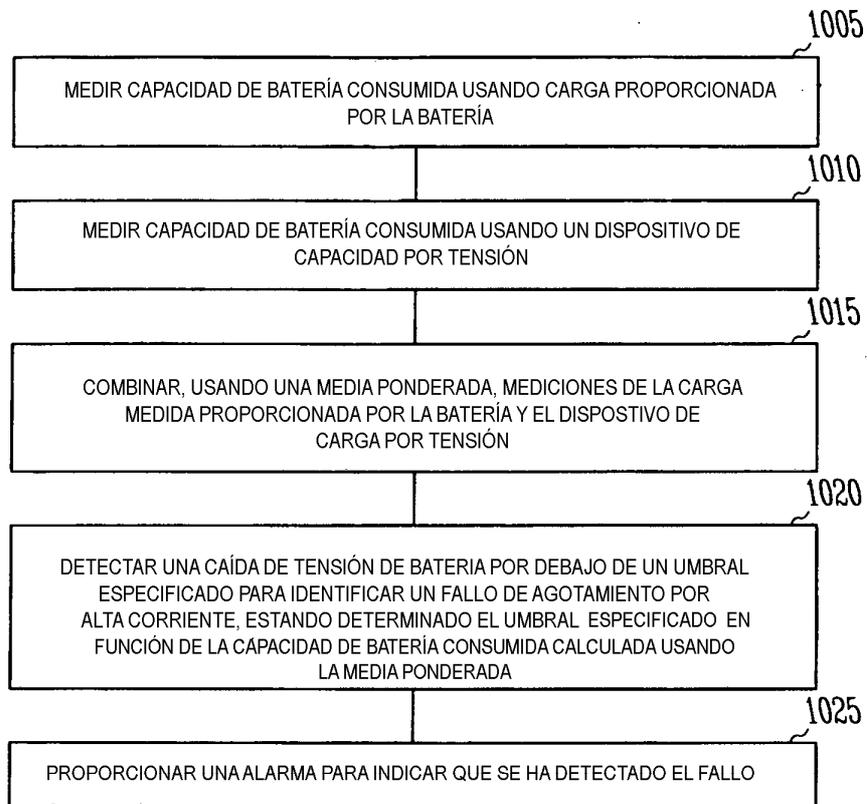


Fig.9



*Fig. 10*